JAXA's

［ジャクサス］ *January 2013*

宇宙航空研究開発機構機関誌

No.048

新春対談

立川敬二×山根一眞

JAXA理事長　「JAXA's」編集顧問・ノンフィクション作家

JAXAが目指す宇宙開発新ビジョン

月を越え、小惑星を越え
火星への旅路

油井亀美也宇宙飛行士インタビュー
「ISSを進化させていくために
テストパイロットの経験を生かしたい」

デジタル／アナログ・ハイブリッド風洞
「DAHWIN」

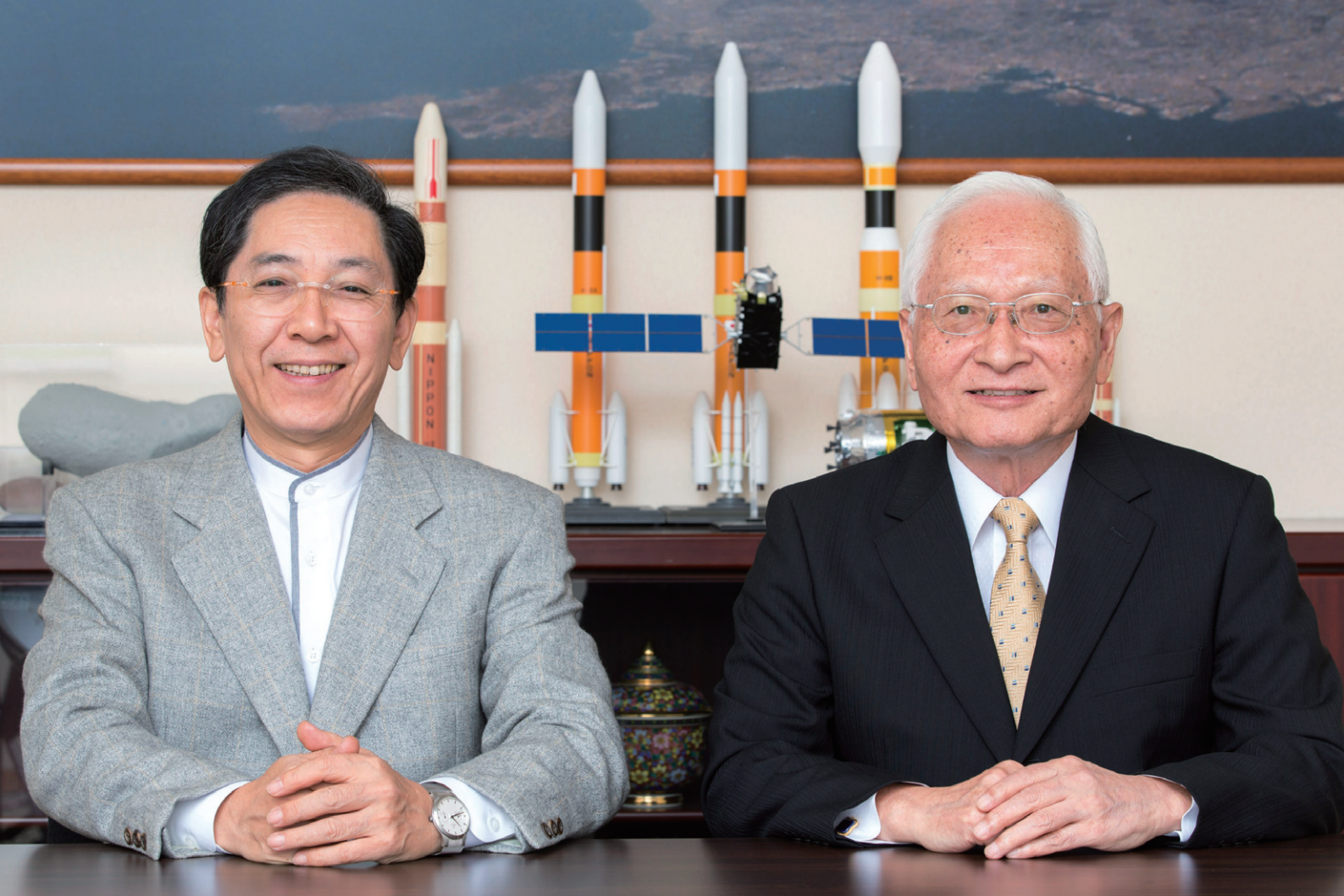
打ち上げに向けカウントダウン開始!
「イプシロン」
「惑星分光観測衛星」

宇宙航空研究開発機構機関誌

INTRODUCTION

2013年最初のJAXA'sをお届けします。表紙に登場したのは山浦雄一執行役。国際宇宙ステーション(ISS)が完成した今、私たちが次に目指す場所はどこか。新春にふさわしく、火星到達までの壮大なロードマップについて解説してもらいました。巻頭特集はJAXA立川敬二理事長と本誌編集顧問の山根一眞さんとの特別対談です。次期中期計画でJAXAが目指す方向性やミッションについてご紹介します。今年の注目ミッションといえば、イプシロンロケットの打ち上げ。現場では音響試験やノズルの伸展試験などが行われ、最終調整が進んでいます。ロケットの歴史にどのような革命をもたらすのか、森田泰弘プロジェクトマネージャに聞きました。さて、皆さんは油井亀美也宇宙飛行士のツイッターをご存知でしょうか(http://twitter.com/Astro_Kimiya)。ハードな訓練を通じて感じたことを、日本語、英語、ロシア語でつぶやいています。2015年からISSでの長期滞在が決定した油井宇宙飛行士に、具体的な訓練の中身についてインタビュー。テストパイロットの経験が、宇宙飛行士の仕事にどのように生かされているのかについても語ってくれました。そのほか、JAXAが開発したハイブリッド風洞システムや、宇宙を身近に感じることができるアプリの紹介など、盛りだくさんの内容でお届けします。

CONTENTS

表紙/山浦雄一執行役
撮影/田山達之
画像/月:NASA、火星:NASA/JPL/USGS、「きぼう」日本実験棟:JAXA/NASA

新春対談

利用から探査まで JAXAが目指す宇宙開発新ビジョン

「しずく」の打ち上げで幕を開けた2012年。
星出宇宙飛行士の国際宇宙ステーション長期滞在や、「こうのとり」3号機の成功など、
JAXAにとって実りの多い年となりました。そして2013年4月から第3期中期計画が始まります。
宇宙開発をさらに推し進め、豊かな社会を実現するために、
JAXAの新しい取り組みについて、立川理事長に聞きました。

次期基幹ロケット開発へ 再使用型も構想中

山根　2012年のJAXAは成果が多く見事な1年でしたね。

立川　この10年、ロケット打ち上げの事故がないのは、職員の努力のおかげですよ。日本の宇宙技術は成熟してきたんです。

山根　しかし、それでよしとする理事長じゃない？

立川　職員には「マンネリ化しちゃいけない」と言っています。どんな技術も使い続ければ陳腐化する。とりわけ宇宙技術は、新しい開発目標を設定し着手しても、実現までに10年はかかる。だからこそ、挑戦的な長期ビジョンを持ち、常に先を見ながら計画を勇気を持って進めていかないと。

　言いにくいことですが、スペースシャトルは後継機が実現しないうちに引退した。シャトルの初就航は1981年。全てのシステムが古くなっていることは誰もが分かっていたが、先の手を打たないまま引退。そのため2017年まで後継機がないという6年間もの空白ができてしまった。

山根　国際宇宙ステーション（ISS）への宇宙飛行士の往還はロシアに頼るしかない……。

立川　宇宙事業では、長期ビジョン、それに基づく確実な中期計画が何よりも大事だということを肝に銘じないといけません。

山根　2012年7月の「HTV」（こうのとり）3号機のミッション成功にも感銘しました。打ち上げ前には、久々に種子島宇宙センターに足を運んじゃいました。

立川　日本の宇宙技術はすごいところにきていると思いますよ。「HTV」は将来の軌道間輸送機を目指して取り組んでいるミッションですから、与圧部分もあり人間が乗れるように作ってあるわけですし。

山根　H-ⅡBロケットも「HTV」の技術実証機では、初打ち上げなのにISSへの荷物を搭載して運んだという大胆さというか自信には敬服しています。

立川　ISSへの物資輸送機会はそうないので、思いきって曝露実験装置の「SMILES」を搭載することにした。するとNASAが、「それならわれわれの荷物も載せてほしい」と言われて搭載したんです。

山根　聞くだけでハラハラ。

立川　そうですよね、いきなり本番ですから。しかしうまくいったので、「おお、日本もやるな」と高い評価を得た。H-ⅡBロケットは、既に実績と信頼性がある大型エンジンを複数束ねる（クラスタ化）ことでパワーの増強を行っています。これによって、新たなエンジン開発によるコスト増を抑え、開発期間を短縮し、リスクの低減も手にできた。さらに、高い信頼性を得るための設計もよかった。シミュレーションを駆使したことも、コスト削減につながりました。

山根　H-ⅡA、H-ⅡBロケットは好成績を挙げ続けていますが、話題に上った次世代ロケット、仮称「H-Ⅲ（仮称）」はどのようなイメージですか？

立川　ちょっと欲張って、さまざま

2012年 JAXAの主なトピックス

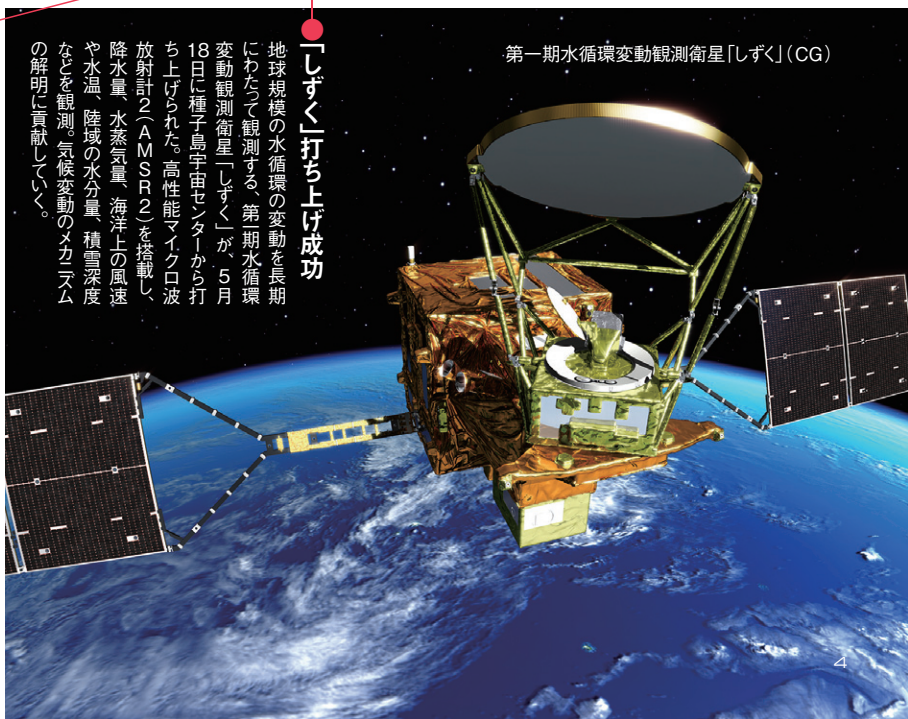
5月 May.

第一期水循環変動観測衛星「しずく」（CG）

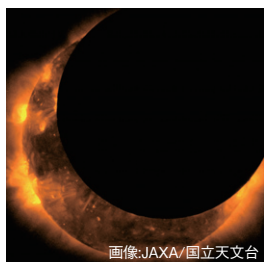
「しずく」打ち上げ成功

地球規模の水循環の変動を長期にわたって観測する、第一期水循環変動観測衛星「しずく」が、5月18日に種子島宇宙センターから打ち上げられた。高性能マイクロ波放射計2（AMSR2）を搭載し、降水量、水蒸気量、海洋上の風速や水温、陸域の水分量、積雪深度などを観測。気候変動のメカニズムの解明に貢献していく。

「ひので」と「みちびき」が宇宙から金環日食を捉える

日本列島の多くの場所で、5月21日の朝に金環日食が観測されたが、その様子をJAXAの人工衛星が宇宙から捉えた。太陽観測衛星「ひので」が観測したのは、月が太陽と太陽コロナの前を通過する部分日食。準天頂衛星初号機「みちびき」は、日本上空が月の影で黒くなっている様子を観測した。

6月 Jun.

「しずく」A-Train軌道投入

「しずく」が6月29日、A-Train軌道に投入された。A-Trainは、複数衛星で構成される地球観測衛星群。各国の衛星が協力して地球を観測するシステムで、日本から初めて「しずく」が参加した。

画像:JAXA/国立天文台

「ひので」（右）と「みちびき」（左）が観測した金環日食

な需要に応じられるロケットを目指しています。2トンの衛星も10トンの衛星も10数トンの探査機も、同じ系列のロケットで対応できるようにしたい、と。

山根　H-IIBロケットと同じようにエンジン数を変える？

立川　そう。最大ではメインエンジンを3機並べ、ちょいと上に細工をすると有人機の打ち上げにも使える柔軟性のあるロケットです。エンジンは、信頼性を上げ有人にも対応でき、かつ低コストの「LE-X（仮称）」です。

山根　1986年のLE-5、1994年のLE-7エンジン以来の、久々のエンジンと聞くと血が沸きますよ。次世代の、さらに次のロケットの構想は？

立川　スペースシャトルのような再使用型です。「H-III（仮称）」はそのつなぎという位置付けなんです。

地球環境、災害分野で宇宙利用を促進

山根　東日本大震災では陸域観測技術衛星「だいち」が活躍しましたね。巨大地震の再来が懸念されている今、津波被害をどう防ぐかが大きな課題なのですが、人工衛星で海面の高さの変化をとらえることができれば、早期の正確な津波警戒情報が得られると思うんですが？

立川　2013年度からは、地球環境や災害分野において宇宙利用をさらに促進していきます。JAXAは高精度の海面高度計というセンサを既に開発しており、2012年の5月18日、種子島宇宙センターから打ち上げられた第一期水循環変動観測衛星「しずく」には高性能マイクロ波放射計2（AMSR2）を搭載し順調にデータを送ってきています。「しずく」では海面温度が分かるので、後継機に海面高度計も搭載すれば海流の詳細もつかめる。それは、地球環境のウォッチのほか、漁業にも大きな貢献をもたらすはずなんです。この構想は第3期中期計画（2013年4月から5年間）に入っているんですが、地球観測衛星は低軌道なので、同じポイント上空を通過するのはせいぜい1日に1回。常時、日本近海をウォッチするとなれば数個の人工衛星が必要になる。各省庁がこういった人工衛星を実用化するための「ビジネスモデル」を構築してくれることを願っています。

山根　東日本大震災から2年を迎えますが、災害時の宇宙通信の必要性が語られながら、実現していないことも気になります。

立川　日々使っている皆さんの携帯電話やスマートフォンが、非常時にはパッと宇宙通信に切り替えられることが理想。それは、直径30m規模のメッシュアンテナを装備した携帯電話用通信衛星を軌道に上げれば、技術的には可能です。そういう技術を持っているのは日本とアメリカだけですから。

JAXAは2006年に19×17mの送受信用の大型展開アンテナを2基装備する「きく8号」を打ち上げているため、30m級の大型展開アンテナを実現する技術はあるんです。スマートフォンに衛星通信用のチップを追加するだけで、地上の基地局も衛星の基地局

7月 Jul.

グリーンランドの氷床表面の全面融解を「しずく」が観測

7月初旬から観測を開始した「しずく」が、12日にグリーンランド氷床表面のほぼ全域の輝度温度の上昇を捉えた。通常は夏季でも表面が凍結状態にあるグリーンランド氷床の内陸部まで、融解領域（氷床表面が湿っている状態）が広がった可能性が高い。

星出宇宙飛行士 長期滞在スタート

星出宇宙飛行士が搭乗するソユーズ宇宙船が、日本時間7月15日午前11時40分、バイコヌール宇宙基地から打ち上げられた。日本時間17日午後4時23分に国際宇宙ステーションに入室、長期滞在が始まった。

「飛翔」が飛行実証実験を開始

2月に導入したJAXAの実験用航空機「飛翔」が、7月22日から本格的な飛行実証実験を開始。実験では、今後の飛行試験で使用する計測機材を搭載して機能や信頼性の確認を行い、またJAXA名古屋空港飛行研究拠点内の飛行実験統制室で、これら計測機材のデータが正常に受信できるかを確認した。

「こうのとり」3号機 ISSへ結合

宇宙ステーション補給機「こうのとり」3号機は、日本時間7月28日午前0時22分にISSへ結合完了。星出宇宙飛行士らにより、水棲生物実験装置や小型衛星放出機構、食料品などがISSに運び込まれた。

8月 Aug.

星出宇宙飛行士 初めての船外活動

日本時間8月30日午後9時16分に星出宇宙飛行士が初めての船外活動を行った。活動時間は6時間27分で、JAXA宇宙飛行士の船外活動累積時間は米露に続き第3位となった。

氷床表面状態の観測データ。12日は融解領域がほぼ全域となり、14日以降は再び非融解領域が拡大した

ISS船内に一番乗りした星出宇宙飛行士

県営名古屋空港から飛び立つ「飛翔」

ロボットアームで把持されISSに取り付けられた「こうのとり」3号

ロボットアームの先端に乗り作業場所へ移動する星出宇宙飛行士

も使えるようになる。災害用衛星通信方式を実現しようとJAXAで提案中です。

山根　民間の通信事業者がその気になれば難しくない？

立川　もちろん。世界に先駆けて実現できますよ。

平和の象徴であるISSを地球全体のために活用

山根　「はやぶさ2」の打ち上げほど国民が待ち望む宇宙ミッションはかつてなかったと思いますが、今後の深宇宙探査へのビジョンは？

立川　将来の深宇宙航行用に、「反物質エンジン」が作れないかという夢のような検討も含め、大胆な研究を進めています。また、月や火星探査などの有人プロジェクトは国際共同プロジェクトでやっていこうという流れになってきた。日本も含め世界の14の宇宙機関が集う国際宇宙探査協働グループ（ISECG＝International Space Exploration Coordination Group）の会合も、年に2～3回は開いています。各国は競争しつつ議論を交わし、それぞれ何ができるかが次第にあぶり出されている。今年、ある程度のフレームが見えてくるでしょう。

山根　安全な有人打ち上げは大きな課題ですが？

立川　有人を前提としたロケットには、「アボートシステム」が欠かせない。トラブルによる緊急時に安全に逃げられるシステムです。宇宙飛行士が乗るコックピット部分のみを、小さなロケットを点火して離脱させる。

山根　これが確立すれば、有人輸送システムの実現に大きく近づきます。国民の皆さんとともに、ぜひ日本の有人打ち上げの論議を進めていきましょう。

さてISSですが、2012年、星出宇宙飛行士は124日間滞在、船外活動も合計21時間23分と日本人宇宙飛行士の最長を記録しました。このISSには冷ややかな意見もありますが？

立川　ISSは、2011年にやっと建設が終わった段階です。実験装置も運び終えいよいよ本番。利用期間も2020年までと決めましたから、成果はこれからなんですよ。

山根　研究テーマは何に重点を？

立川　生命科学と物質科学に加えて宇宙医学の3分野を重点的に進めることにし、研究公募も開始したところです。生命科学では、新しい医療に結びつくタンパク質の結晶実験がうまくいっているので、そろそろ新しい創薬として登場しますよ。また、宇宙医学は高齢者の医療に大きな貢献をもたらすでしょう。無重力の宇宙では骨粗鬆症がどんどん進みますが、その体験をしている宇宙飛行士は人体の加速度試験をしているようなもの。骨粗鬆症では骨のカルシウムがどんどん抜けスカスカになっていきますが、まだメカニズムは十分には分かっていない。それが解明できれば、骨粗鬆症の予防法も見つかるでしょう。宇宙医学は高齢者に福

立川敬二
TACHIKAWA Keiji
宇宙航空研究開発機構（JAXA）理事長
1962年東京大学工学部電気工学科を卒業し、
日本電電公社（現在のNTT）入社。
1978年、米マサチューセッツ工科大学経営学部修士コース修了。
NTTアメリカ社長などを歴任。
1998年にNTT移動通信網（現NTTドコモ）代表取締役社長に就任。
2004年6月から同社相談役。同年11月15日、JAXA理事長に就任。
2001～2004年11月まで宇宙開発委員会の非常勤委員。工学博士。

9月 Sep.

「こだま」軌道上運用10年を達成

2002年9月10日に打ち上げられたデータ中継技術衛星「こだま」が、軌道上運用10年を達成した。これまでに、陸域観測技術衛星「だいち」と世界最高速度278Mbpsのデータ中継実験に成功し、その広可視域を生かして大容量データをリアルタイム中継することで「だいち」の全球陸域観測や災害監視に貢献してきた。また、10年にわたって国際宇宙ステーションの「きぼう」日本実験棟など6機の宇宙機とのデータ中継実験にも成功し、これらの実験稼働率は99％以上という高い値を達成した。

「こだま」（CG）

JAXA有人宇宙活動20周年

9月12日、毛利衛宇宙飛行士がスペースシャトルに搭乗し、宇宙での活動を開始した「ふわっと'92」宇宙実験から20年目を迎えた。長期滞在中の星出宇宙飛行士は、『この先の20年も、多くの人が宇宙に行ける時代になるよう、宇宙飛行士として微力ながら貢献して行きたいと思います』とメッセージを寄せた。

「こうのとり」3号機大気圏再突入

日本時間9月14日午後2時27分に、「こうのとり」3号機は大気圏に再突入しミッションを終了した。「こうのとり」3号機に搭載した再突入データ収集装置「i-Ball」は、再突入時のデータを地上に送信後、南太平洋に着水したことが確認された。

与圧部内カメラで撮影した「こうのとり」3号機の船内ハッチ付近の様子

10月 Oct.

油井宇宙飛行士2015年にISS長期滞在へ

油井亀美也宇宙飛行士が、ISS第44次／第45次長期滞在搭乗員に決定した。長期滞在中はフライトエンジニアとしてISSの運用、宇宙環境を利用した実験などを担当する予定。

音をもたらし、結果として国民医療費の低減にも通じるんですよ。

山根　ISSは文化的な意味も大きいですね。

立川　まさに。1998年の建設開始から14年、計画構想から既に25年、この間、国際計画に参加する各国間では軍事的な紛争がなかったという点はぜひ知っていただきたいんです。そういう評価からISSはノーベル平和賞の候補にもなりました。宇宙への進出は、人類文化史的な精神を持ちながら進めるべきものなんです。

次世代のために 未踏の地へチャレンジ

山根　JAXAの重要な柱の一つが、次世代の航空機の基礎開発と研究です。飛行進路にある危険な乱気流をあらかじめ捉えるシステムには驚きましたよ。

立川　中小型飛行機が非常に増えているため、この研究は大事に続けます。

山根　超音速飛行機にも期待しているんですが。

立川　マッハ2の超音速やマッハ5の極超音速機ですね。課題はどんな新しいエンジンを作るか、です。マッハ0からマッハ5まで同じエンジンで飛行するのではなく、空気のある大気圏では従来のジェットエンジンを使い、高度20km以上に上昇したらロケットエンジンに切り換えるのがいい。離着陸時にジェットエンジンを使えば、ソニックブームなどの騒音もないですから。

山根　いいアイデアだ！

立川　このシステムでは、大気圏を抜ける時と再突入時以外は宇宙を巡航するためCO_2排出量も少なくできるし、何よりも低燃費で大陸間を短時間で結べます。

山根　未踏の宇宙に取り組むJAXAに対する国民の関心は、「はやぶさ」以降、非常に大きくなりました。宇宙好きの女性たちを「宙（そら）ガール」と呼ぶ言葉まで生まれていますし。

立川　「JAXA」という名称の認知度が、「はやぶさ」のおかげで80%になったのには驚きましたよ。「NASA」の70%台を超えたんですから。大事なことは、次世代を担う子どもたちへの宇宙教育です。JAXAが宇宙教育センターを発足させて8年目を迎えますが、よくやってきたと思います。参加者も少しずつ増え、今では、年間約5000人の指導者研修、3万人近くの子どもたちを対象に、宇宙教育活動を行うまでになりました。

山根　私たちが取り組んでいるNPO「KU-MA（子ども・宇宙・未来の会）」も、JAXAの協力のもと、全国での活動を広げてます。

立川　その子どもたちの中から次世代の宇宙飛行士も出てくることが楽しみです。

山根　長引く経済低迷で元気を失っている日本ですが、立川理事長の話を伺うと元気が出ます。ありがとうございました。

山根一眞
YAMANE Kazuma
「JAXA's」編集顧問。ノンフィクション作家・獨協大学特任教授。
日本のモノ作りの底力を解き明かす『メタルカラーの時代』を
1991年から2007年まで17年間、約800回にわたって週刊誌連載。
著書に小惑星探査機「はやぶさ」の打ち上げから地球帰還までを
綿密な取材で追った『小惑星探査機 はやぶさの大冒険』（マガジンハウス）
などがある。

11月 Nov.

5基の小型衛星放出に成功

「きぼう」日本実験棟は、国際宇宙ステーションの各モジュールの中で唯一、専用のエアロックとロボットアームをあわせ持っている。この機能を活用し10月4日から5日にかけて、5基の小型衛星の放出に成功した。

画像:JAXA/NASA

宇宙に旅立った小型衛星

「TRMM」15周年

1997年11月28日に打ち上げられた熱帯降雨観測衛星「TRMM」が、運用15周年を迎えた。熱帯・亜熱帯域の科学的研究に貢献し、さらに数値天気予報への利用や、TRMM衛星を中心とした複数衛星データによる全球降水マップの開発、洪水予警報への利用など、さまざまな分野で利用されている。

「TRMM」（CG）

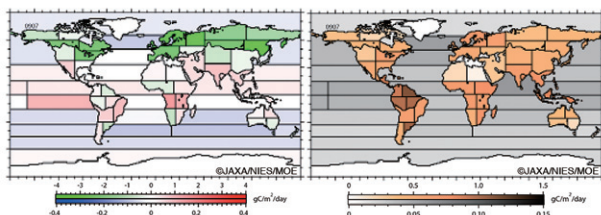
星出宇宙飛行士地球帰還

星出宇宙飛行士ら3名のクルーを乗せたソユーズ宇宙船が、日本時間11月19日午前10時56分にカザフスタン共和国へ着陸。124日に及ぶ国際宇宙ステーション長期滞在ミッションが終了した。

画像:JAXA/NASA/GCTC/Andrey Shelepin

12月 Dec.

「いぶき」がCO_2の吸収排出量などの推定結果公開

地球全体の温室効果ガスを観測する世界初の衛星「いぶき」が、2009年6月～2010年5月までの1年間の月別・地域別のCO_2吸収排出量（正味収支）を推定した結果などを、12月5日に公開。これまでの地上観測データに、宇宙からの「いぶき」の観測データを加えることで、より精度の高いCO_2吸収排出量の推定値が得られた。このような全球炭素循環の研究の進展によって気候変動予測の精度が向上し、より効果的な地球温暖化対策への貢献が期待される。

2009年7月の推定結果
左図は全球64地域におけるCO_2吸収排出量。地上での観測結果と「いぶき」の観測データから推定したもの。右図はその推定誤差。誤差が小さい地域ほど色が薄い

2015年に国際宇宙ステーションへ飛び立つ油井亀美也宇宙飛行士。2012年10月、長期滞在決定の知らせを受けたばかりの油井宇宙飛行士を直撃し、宇宙を目指す意気込みを語ってもらった。

「ISSを進化させていくために テストパイロットの 経験を生かしたい」

多彩な訓練でチームワークを学ぶ

―長期滞在が決まったとき、どういう気持ちでしたか。

油井　当然うれしかったのですが、やはり責任重大だなと緊張しました。これから本当に頑張らないといけないと改めて感じています。

―本格的な長期滞在の訓練が始まりますが、NEEMOを既に経験していますね。いかがでしたか。

油井　NEEMOは海中の閉鎖環境に6人で2週間滞在する訓練です。小惑星探査の際の船外活動の試験を行うのが任務なのですが、任務を通じてチーム・ビルドアップの訓練を行います。リーダーはどういう状況の時にどういったリーダーシップを発揮すべきか、リーダーをどのように助けるかなど、非常に勉強になりました。

―野外での訓練もありましたね。

油井　2012年9月にアラスカに行ってきました。既に宇宙飛行が決まっている宇宙飛行士の先輩たちと、1週間カヤックに乗って行動しました。その間に、リーダー役をしてチームをまとめるリーダーシップを学んだり、サポートする側にまわってフォロワーシップを学びました。

―ロシアではどのような訓練を。

油井　語学訓練が主でしたが、言葉の重要性を知りました。チームワークを築くためには、文化や歴史を総合的に学んだ上で、相手を尊敬して接していくことが必要だと思います。私はこれまでアメリカと仕事をすることが多かったのですが、今回初めてロシアに行ってみると、価値観が日本に近いところもあったりして、非常に親近感が湧きましたね。

―長期滞在中に、どんな仕事をすることになりますか。

油井　具体的なことはこれから決まります。決められた仕事にしっかり取り組んでいきたいと思っています。

―「きぼう」で行う宇宙実験にはどのような期待を持っていますか。

油井　それぞれの実験方法は手順書を見れば書いてありますが、背景をきちんと知った上で実験するのと、手順書どおりに操作するだけとでは、全く違うと思います。私は実験が大好きなので、できるだけ勉強して、科学者の方々が〝この宇宙飛行士はなかなか気が利いているな〟というぐらいの知識を持って実験に取り組みたいと思います。

テストパイロットが宇宙飛行士に似ている理由

―先輩の宇宙飛行士からアドバイスはありましたか。

油井　実際に宇宙で仕事をしてみて、どんなところが大変だったかという話はよく聞いていて、いろいろアドバイスを受けています。「このカメラをここに固定するのは意外と難しかった」というような具体的な話を聞いたときには、「簡単に固定するためには、どういうものを付ければいいのだろうか」というふうに、改良方法を考えるようにしています。私はテストパイロットだったので、そういう考え方が習性として身に付いているところがあって。例えば国際宇宙ステーション（ISS）で作業中の映像で、仕事道具がフワフワ浮いているのを見て、「壁のこの部分にしっかり取り付けることができたら便利だろうな」、「もっとこんな仕事道具が作れたらいいな」と考えたり……。

―テストパイロットの経験は、今後どのように生かされそうですか。

油井　宇宙での仕事は、テストパイロットの仕事と非常に似ています。手順書に従って仕事を進め、分からないところがあったらすぐ聞く。説明を聞きながら、優先順位を付けていろいろな作業を同時並行でやっていきます。不測の事態が起こったら、そこでも優先順位を付けながら対応する。この仕事の仕方は全く同じですね。また、

油井亀美也
YUI Kimiya
1970年長野県生まれ。92年に航空自衛隊に入隊しテストパイロットとして活躍。2009年JAXAに入社。ISS搭乗宇宙飛行士候補者基礎訓練を修了し、11年7月にISS搭乗宇宙飛行士として認定。12年10月にISS第44次／第45次長期滞在クルーのフライトエンジニアに任命される

誌面で紹介しきれなかった油井宇宙飛行士のインタビューを「JAXA's+（ジャクサスプラス）」ウェブサイトで公開中。
あわせてお楽しみください。→ http://www.jaxa.jp/pr/jaxas/

テストパイロットは試験機を操縦し、次に乗る人のためにどういうところを改良すべきかを評価します。ISSはいくつも同じものがあるわけではなく、1機しかない試験機と同じ。日々テストのようなもので、仕事をすると必ず評価をします。ですから、テストパイロットとしての経験が役に立つと思います。

――そういうふうに考えると、ISSに行ってやるべきことはたくさんありますね。

油井　そうですね。「きぼう」日本実験棟の設備も、大西卓哉宇宙飛行士や金井宣茂宇宙飛行士が行くころには、今よりも仕事がしやすくなっている方がいい。ISSのクルーは非常に忙しいので、効率良く仕事ができるようになれば、成果もより多く出ますし、ミスも減ります。そうすれば、ISSや「きぼう」に対する国民の皆さまの理解も得られやすくなるのではないかと思っています。

――ISSの改良に寄与することは、これからの宇宙飛行士の大事な仕事ですね。

油井　本当に大事です。飛行機でも初号機から新しいバージョンが出てきて、プログラムが最新になったり、装置が変更されたりすることはよくあります。ISSも同じような段階に入っていると思いますね。

2年後を目指し自分をもっと高めていく

――長期滞在経験のある先輩宇宙飛行士から、ISSでは毎日かなり忙しいという話を聞いていると思います。時間を効率的に使うために考えていることはありますか。

油井　時間を有効に使うというのはテストパイロット時代も同じなので、しっかり身に付いています。例えば食事も少しでも早く食べるとか。健康には悪いかもしれませんが（笑）。そうすれば仕事にすぐに取りかかれるわけです。それから、皆さん経験があると思うのですが、切符をどこへ入れたか忘れて大慌てで探す、物を置き忘れて失くす……。こういったことは、1分1秒が貴重なISSではあってはならないこと。私は毎日家に帰ると、決められた場所に鍵や携帯電話を置くようにしています。そういう細かいところを意識してトレーニングしています。今日理髪店に行ってきたんですが、髪も自分で切れるようにしておけば、誰かの手間をかけさせないで済みますしね（笑）。

――日常からトレーニングしておけば、自然にできるようになるわけですね。

油井　そうです。自分の仕事を早く終わらせることができれば、次の仕事にかかれるし、他のクルーが困っているときに助けられます。これは大切なことなので、いつも気を付けています。

――平常時の訓練のほかに、ISSで緊急事態が起こったときにどうするかも大事ですね。

油井　もちろん緊急事態の訓練もしていますが、やはり心の準備というのが非常に大切です。こういう事態が発生したら、手順書のここを見ればよい、というのを毎日確認し、心に留めて仕事に入るのと、それをせずに過ごしてしまうのとでは全然違ってきます。私は飛行機で飛ぶ直前には必ず手順をチェックし、それから離陸していました。この進め方はISSの運用でも同じですね。

――最後に、宇宙滞在に向けた抱負を。

油井　私は国際宇宙ステーション計画が大好きです。その理由は、この計画が競争ではなく、国際的な協力の下に平和的に行われているから。宇宙に出ていける国は多くありませんから、その代表として恥ずかしくない仕事をして、日本のために、また地球全体のために働きたいと思っています。自分の能力をもっと高めなければその仕事はできないと思いますので、打ち上げまでしっかり訓練を頑張りたい。ISSに行けば、新しい経験が待っています。ミッションが終わった後には、次のミッションが待っている。自分を高めていく努力をずっと続けていきたいと思います。

打ち上げを目指し特訓中!

Twitterより

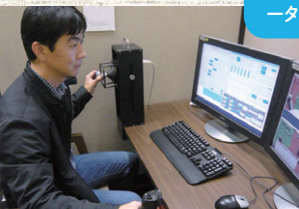
ロシア語を学び始めた頃に言われました。「ロシア語が難しいのは、最初の10年だけ!」つまり、私もあと7年と4カ月で、ロシア語が簡単に思えるはず!そして、その頃には、私のロシア語のツイートも完璧になっている事でしょう(笑)。

●ロシア語に全力投球
2012年1月中旬から約1カ月半にわたり、モスクワで日常生活を送りながらロシア語の訓練を受け、ロシアの文化を学んだ油井宇宙飛行士（写真はその時の授業風景）。ロシアの風習やロシア人の思考などを肌身で感じる環境で過ごすことで、理解を深めた。現在も継続してロシア語を猛勉強中だ。

ヘルメットの視界が狭いため、簡単な作業でも難しく感じます。フライトと同様に、しっかりとイメージトレーニングをして作業に臨まないといけませんね。

画像：JAXA/NASA

●海底20mで船外活動に挑戦
NASAの極限環境ミッション運用訓練の舞台は、フロリダ州沖合の海底約20mに設置された海底研究室「アクエリアス」。訓練を通じ、リーダーシップやチームワーク、自己管理能力の向上や、ISS、月・火星探査に向けた新技術・ミッション運用技術の開発が行われる。2012年6月11日から22日まで、油井宇宙飛行士はNASAやESAの宇宙飛行士と共に、小惑星探査を模擬した訓練や緊急事態対処訓練などを行った。

HTV3号機がISSに到着した際にクルーが使用する手順書に誤りや紛らわしい記述がないか?時間配分は適切か?などを実際にシミュレーターで手順を実施しながら確認します。

●ロボットアームの操作訓練

●T-38でフライト訓練

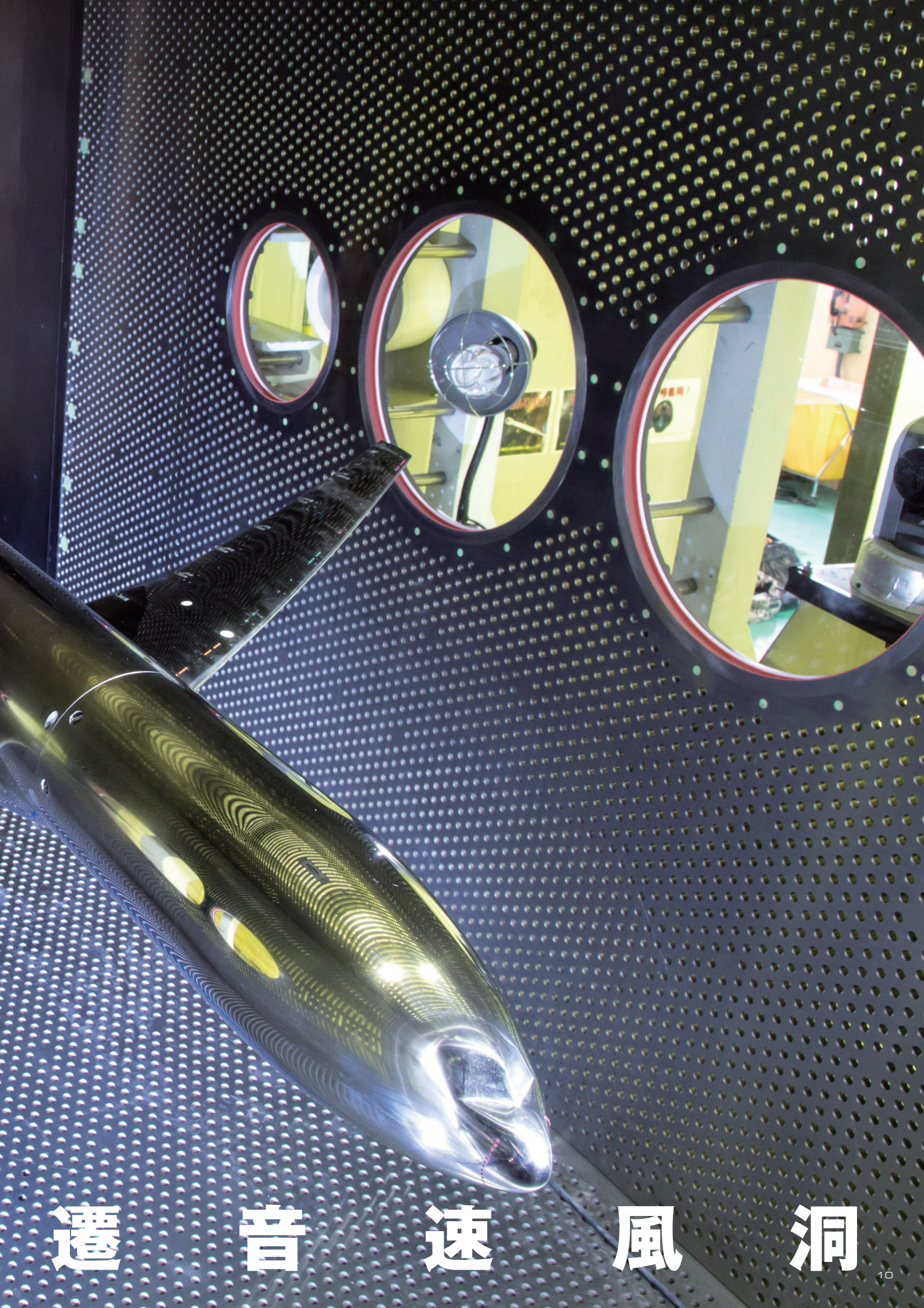
画像：JAXA/NASA

フライト中の忙しさを、分かりやすく説明すると……車の運転中に電話をダイヤル、話をしながら、カーナビを操作し、更に本で情報を探す。普通、運転中はしてはいけないことだらけですね(笑)。

自然の中で生活すると、日常生活の便利さや、人が生きていく為に必要な物は、そんなに多くない事などがわかります。日々の生活に感謝です!

●リーダーシップ、フォロワーシップを発揮
2012年9月、アラスカで野外リーダーシップ訓練に参加。毎日リーダーを交代し、自己管理やリーダーシップ、フォロワーシップなどのチームワーク、状況に応じた判断方法などを理解・習得する訓練だ。気温5℃で連日雨が続くなか、1週間にわたってプリンスウィリアム湾をカヤックで移動しながら野外生活を送った。油井宇宙飛行士がリーダーを務めたのは訓練最終日。地図の判読、休憩の指示、低体温症対策、移動隊形の指示など、リーダーとしての役割を果たし、予定よりも早く計画通りの場所に到着することができた。

油井宇宙飛行士をフォローしよう!
http://twitter.com/Astro_Kimiya

実は、皆さんの呟きに励まされる事が多いんですよ。また、色々と教えて頂き、学ぶ事も多いです。意見は遠慮なく言って下さいね。個別に回答できないのは残念ですが、皆さんの言葉は私の心に届いていますので……今後ともよろしくお願いします!

遷音速風洞

◀実験前に模型に付いた微細なホコリや汚れを慎重に拭き取る。きれいな空気の流れを作って、正確なデータを取得するための大切な作業だ

旅客機の模型がセットされた測定部。天井と床、壁には細かい穴が空けられているので、気流が行き来でき、模型の周りの空気の流れを実際の飛行状態に近づけることができる

▶2万2,500kWのパワーで回転する直径5mの主送風機。1周約200mの風洞を回流した風は、測定部に最大マッハ1.4の風速を生み出すことができる

航空機やロケットの設計に欠かせない風洞実験。人工的な風の流れを作り、模型に加わる空気の流れを解析することで、よりよい機体作りに貢献している。

昭和35年、航空技術研究所（現・調布航空宇宙センター）に最初に建てられた風洞実験施設が、「2m×2m遷音速風洞」だ。完成した当時は周囲に建物もまばらで、三鷹駅のホームからその姿が見えたという。

名称にある2m×2mは模型を設置する測定部の大きさを表し、幅2m、高さ2m空気の流路の中に模型を入れて実験を行うことができる。遷音速とは音速の0.7倍〜1.3倍（マッハ0.7〜1.3）程度の音速に近い速さのことで、この遷音速風洞では音速の0.1倍〜1.4倍（マッハ0.1〜1.4）までの風速を長時間連続して作り出すことができる。

建設から50年以上経った現在でも、計測装置などに改良を加えつつほぼ当時の姿で稼働しており、これまで日本で設計されたほとんどの固定翼機や、N-IからH-IIBなどのロケット設計に利用された。近年ではJAXAが研究中の回収機能付加型宇宙ステーション補給機「HTV-R」の回収機の空力特性試験が行われている。三菱航空機が開発を進める国産旅客機「MRJ」の試験も数多く実施されており、今後も日本の宇宙航空技術を支える要として、重要な役割を担っていく。

日本最大の

ナログ風洞

実際の空気の流れを作り、模型を使って実験を行う“アナログ風洞”。コンピューター上で空気の流れをシミュレーションする“デジタル風洞”。どちらも航空機や宇宙機の設計に欠かせないものだが、JAXAでは両者を融合したデジタル／アナログ・ハイブリッド風洞「DAHWIN（ダーウィン）」を開発した。2013年4月の稼働を目指し現場では最終調整が進められている。風洞技術開発センターの渡辺重哉センター長に話を聞いた。

渡辺重哉
WATANABE Shigeya
研究開発本部
風洞技術開発センター
センター長

航空機設計のベースとなる風洞実験

風洞を使った実験は、航空機や宇宙機の開発において必要不可欠なものだ。人類初の動力飛行を行ったライト兄弟も風洞実験装置を自作し、実験を繰り返し行ったことが成功に繋がったと言われている。スペースシャトルの開発でも、延べ10万時間にわたって風洞実験が行われた。身近なところでは、新幹線や自動車、高層ビルの設計などにも利用されている。

風洞では、ファンなどで空気の流れを人工的に作りだし、その中に置いた模型に加わるさまざまな力や風の流れなどを解析することで、本当に飛ぶのか、飛行中の性能はどうか、思わぬ動きをしないか、などの検証を行う。機体を設計する前に風洞で問題点を洗い出しておけば、開発コストを削減することができ、有人機の場合には、事故などによるリスクを回避できる。

調布航空宇宙センターの「2m×2m遷音速風洞」は国内最大の遷音速風洞だ（10〜11ページ参照）。直径5mの巨大な送風機によって作られた空気の流れは整流装置によって流れを整えられた後、模型の置かれた測定部に流れ込む。模型に取り付けた圧力センサーでの測定や、圧力によって明るさが変化する特殊な塗料（感圧塗料）を塗り、圧力の変化を画像で観測する方法などがとられている。

リアルとバーチャルの強みと弱み

航空機の設計に重要な役割を果たす風洞実験だが、問題点もある。設備を稼働させるための事前準備に多くの人手が必要で、精巧な縮小模型を作るためにはコストもかかる。また、模型を置く測定部は閉鎖空間であり、実際に航空機が上空を飛行する状態とは異なる。例えば、模型が設置されていない場合と比べて、模型が設置された場合には測定部の上下左右の空間が模型の体積分だけ小さくなり、そこだけ流れが速く圧力が低くなってしまう。壁面に小さな穴を空けることで、模型周囲の圧力変化を抑えるなどの工夫もされているが、どうしても実際の状態との違いが生まれてしまう。模型を支える支持装置など、模型以外の物体が存在することで空気の流れが変化してしまうという問題もある。

一方、コンピューターの発達によって登場したのがCFD（※）である。コンピューターによる数値解析だ。CFDには風洞実験のように設備も模型も必要ない。また、風洞実験ではセンサーが配置された場所しかデータを取得できないが、CFDでは任意の場所のデータを抽出したり、空気の流れを可視化することができる。風洞実験に比べて低コストで、得られる情報量も多いことが、CFDの特徴と言える。

しかしCFDにも、使用する計算手法や物理モデルによって結果が異なるという問題がある。また、あくまでもバーチャルなデータなので信頼性が低い。風洞実験にもコンピューターによる数値解析にも、それぞれ強みと弱みが存

●デジタル/アナログ・ハイブリッド風洞「DAHWIN」の仕組み

風洞実験と同時に、JAXAのスーパーコンピューター上でCFD（コンピューターによる数値解析）が行われ、両者をリアルタイムで比較する。遠隔地のユーザーもインターネットを通じて参加できる。

DAHWINのモニター画面。風洞実験の画面にCFDの計算結果がリアルタイムで合成表示されるほか、各種取得データも同時に確認できる

在するのだ。

宇宙航空産業に進化をもたらす「DAHWIN」

「風洞実験とCFD、両方の強みを生かし、弱みを相互に補完するシステムはできないか、というのが、DAHWINの基本的な開発思想です」と語るのは、開発に携わった風洞技術開発センターの渡辺重哉センター長。

「DAHWINという名称は、『Digital/Analog-Hybrid Wind Tunnel』の頭文字から命名されました。デジタルはCFD、アナログは風洞実験を意味しています。進化論の提唱者であるチャールズ・ダーウィンにちなみ、航空機の〝進化〟の基礎となることもイメージしています。DAHWINによって高い精度の実験を効率良く行えるようにすること、それが私たちの目指す姿です」

DAHWINは、風洞での実験結果にCFDの計算結果を重ね合わせ、相互のデータを使って補完し合うというものだ。模型を使った風洞実験を行う際、実験で得られたデータと、模型と同じ3D数値モデルを使ったCFDの計算結果を比較すれば、異なる結果が出た部分が明確になる。つまり、その部分にデータの違いを生む何らかの影響が出ていることが分かる。また、CFDによって、壁面や支持装置がある場合・ない場合の空気の流れを計算すること

CFD

支持装置なし

支持装置あり

風洞実験

模型の支持装置が存在しない流れ（上）と存在する流れ（中央）の両方を数値解析し、その結果を実際の風洞実験（下）で得られたデータに当てはめ補正することで、支持装置なしの、実際の飛行状態に近い風洞実験データを導きだすことができる。この一連の流れをスピーディーに高精度に行うことができるのがDAHWINだ。

スピーディーで高精度な設計を実現する デジタル/アハイブリッド「DAHWIN」

で、風洞実験のデータを実際に飛行している状態に補正したり、風洞実験の結果をCFDに反映させることで、データの信頼性を向上させることができる。

「DAHWINでは遠隔地にいるユーザーでもインターネット経由で風洞実験に参加できるので、意見をその場でやりとりし、すぐに修正を加えることができる。スピーディーで高精度な設計開発が実現します」

DAHWINで使用するCFDはJAXAの独自開発によるものだ。風洞実験とリアルタイムに連携するために、従来より素早く計算結果を得られるようにプログラムされている。DAHWINは2013年4月から正式に稼働する予定だが、既に、JAXAが研究を進める静粛超音速機技術研究開発（D−SENDプロジェクト）や、回収機能付加型宇宙ステーション補給機「HTV−R」などの空力実験でその性能を発揮している。

現時点でDAHWINは、「2m×2m遷音速風洞」のみに対応しているが、JAXAの持つ速度の異なる風洞、あるいは他の研究機関や企業が持つ風洞への対応も考えられている。また、DAHWINから得られたデータを元に、機体を最適化する設計支援機能や、上空での飛行状態のシミュレート機能といった追加機能も検討されており、日本の航空機産業や宇宙産業のさらなる進化に貢献することを目標にしている。

※ CFD（Computational Fluid Dynamics）:コンピューターによる数値解析

ウントダウン開始!

新型固体ロケット「イプシロン」への抱負を語る

イプシロンロケット・プロジェクトマネージャ 森田泰弘

2013年はM-Vロケット5号機による「はやぶさ」の打ち上げ(2003年5月9日)と、JAXA創立(同年10月1日)から数えて10年目となる節目の年です。ペンシルロケット以来脈々と受け継がれてきた日本の固体ロケット研究を将来の究極のロケットにつなげるという重要な役割を担う新型固体ロケット「イプシロン」を、いよいよ今年の夏打ち上げられることを、大変うれしく思っています。

そもそも究極のロケットとはどんなロケットなのか?

垂直に離着陸するもの、翼を備えた航空機の延長のようなもの、あるいは往還時で形状の異なるもの……。考えられる形態はいくつかありますが、どれであれ究極を名乗るために欠かせないのが「機体を完全再使用する」という点でしょう。つまり帰路をどうするか、という点です。現時点では使い捨てロケットのほうが割安であり"これが究極"というものが登場するにはまだ時間がかかるかもしれません。一方で打ち上げシステムについては、これこそが未来へのトビラを開く鍵であるというコンセプトのもと、必要な設備や運用システムをとことんコンパクトで身軽なものにしています。高頻度に宇宙を往還する将来の輸送システムにつながる第一歩であると自信を持って言うことができます。

2012年は糸川英夫先生の生誕100年と内之浦宇宙空間観測所の開所50年という大きなイベントを当地で祝うことができました。また10月には、肝付町の永野和行町長が上京の折、報道陣を前にJAXA東京事務所で打ち上げに向けた期待を語って下さるという、うれしい異例の出来事もありました。種子島が世界一美しいロケット発射場ならば、内之浦は世界で一番地元に愛されているロケット発射場と言えるでしょう。今年の7月1日で、内之浦町と高山町の合併による町政施行からちょうど肝付町は8周年。打ち上げ成功でお祝いをしたいと思います。

イプシロンの新しさは、打ち上げ準備作業の大幅時短に象徴されています。第1段ロケットを発射台に立ててから、打ち上げ後の後片付けを終えて帰るまで、たった7日間。M-Vロケットの42日間に比して圧倒的に短く、諸外国のロケットと比べても先頭を走っています。自動・自律点検を大胆に導入し、危険を伴う作業は極力減らし、大幅な省力化と省人化を図ったことでこれが可能となっていますが、さらに今後の改良で準備期間を大幅に短縮する余地を残しています。

カギとなるのはネットワーク技術。第二世代のイプシロンでは、ロケットワイヤと呼ばれる通信規格を採用しようとしています。人工衛星の世界では、データや制御信号をモジュール/ユニット間でやりとりするための「スペースワイヤ」という通信規格が普及し始めています。パソコンやビデオカメラでおなじみのi.LINKやファイヤーワイヤーといった規格を拡張したものです。このスペースワイヤは、距離がせいぜい数mの衛星構体の内部で使われるものですが、さらにこれをロケットの特性に合わせ通信距離を伸ばし冗長性を高めたロケットワイヤを、第二世代のイプシロンでは採用する予定です。

汎用のネットワークと非常に親和性が高いため、衛星のモジュール/ユニットやロケットの制御機器がそれぞれの工場にある段階から、ネットワークを介して接続し、総合的な試験を行うこともできます。事前に済ませられる試験や点検が多いほど射場作業は短縮できます。最初のイプシロンで7日間かかっていた射場作業を、第二世代では3日間に短縮するのが目標です。ロケットそのものの知能化も大きくこれに関わっていますので、文字通りいつでも打てる、呼べば答えるロケットというわけです。

宇宙への敷居を下げ、利用者の裾野を拡大するためには、ユーザーに優しい輸送手段でなくてはなりません。イプシロンでは打ち上げ直前のペイロードに関わる作業──ラストアクセス──を3時間前までと、世界一の水準を目指しています。これは、打ち上げ直前まで冷却の必要な高性能の望遠鏡衛星などではうれしい取り組みでしょう。機体と設備の担当技術者が、打ち上げ当日の作業計画をあらゆる観点から検討し、アイデアを出し合って開発を進めてきた結果が形になろうとしています。

M-VもH-ⅡAも、共に苦い失敗を乗り越え、輝かしい成功を収めてきた、日本が世界に誇るべきロケットです。これら2つのロケットの流れを汲むイプシロンは、これまでのロケットの概念を一新する、世界で一番新しい考え方で作られたロケットです。この夏の1号機打ち上げのカウントダウン、より多くの皆さんに参加していただければと思います0(談)

MORITA Yasuhiro
宇宙飛翔工学研究系
教授

打ち上げに向け各種試験を実施

1 PBS(ポストブーストステージ)分離衝撃試験 2 2段ノズル伸展試験
3 全機風洞試験 4 音響環境計測燃焼試験

打ち上げに向けカ

新しい衛星バスを採用し、惑星の大気や磁気の謎に挑む「惑星分光観測衛星」

惑星分光観測衛星プロジェクトチーム・プロジェクトマネージャ　澤井秀次郎

この衛星プロジェクトに着手する際、まず宇宙科学の先生方へのアンケートを実施しました。どのような形態のどのような性能の衛星を、どのような軌道で飛ばしたいと考えているかを伺いました。研究テーマによって要求事項はそれぞれ異なってきますし、世界一の研究成果を目指すなら機能や精度の要求も高いレベルになります。

集まった将来構想のなるべく多くに答えられるように、と作ったのが「SPRINTバス」です。「バス」というのは衛星の制御・運用に関わる基本機能を備えた部分で、荷物を運ぶ大型トラックでいうと前部のトラクターに相当する部分です。

対応する軌道は低軌道、長楕円軌道、太陽同期軌道の3種類。それぞれで衛星の熱設計が変わってきます。ミッション機器として、望遠鏡を搭載するのか磁気センサを載せるのかで重心位置や必要な電力が変わり、電力が変われば太陽電池パネルの枚数も違ってきます。衛星の姿勢も3軸制御でピタリと高精度に止めたい場合や、コマのようにくるくる回るスピン制御が望ましい場合など、どちらにも対応できるように……。モジュールを留めるパネルのネジ穴一つに至るまで議論を重ね、多彩な要求に応え得る衛星バスが出来上がりました。

1m角の立方体というキリのいいサイズに収まったこの衛星バスをJAXAでは「SPRINTバス」と呼んでいますが、（財）宇宙システム開発利用推進機構などが開発を進めている地球観測衛星「ASNARO」にも、同じ技術が使われています。セミオーダーメードで衛星を作るベースにもなる「SPRINTバス」による最初の科学衛星が「惑星分光観測衛星」（開発名：SPRINT-A／EXCEED）なのです。

地上では観測不可能な極端紫外線という領域の光を捉える望遠鏡で金星や火星、木星やその衛星を狙います。金星では、惑星間空間にたなびく大気のイオンの散乱光を捉え、木星では太陽風によって引き起こされる木星オーロラなどを観測し、惑星の大気や磁気の謎に挑みます。

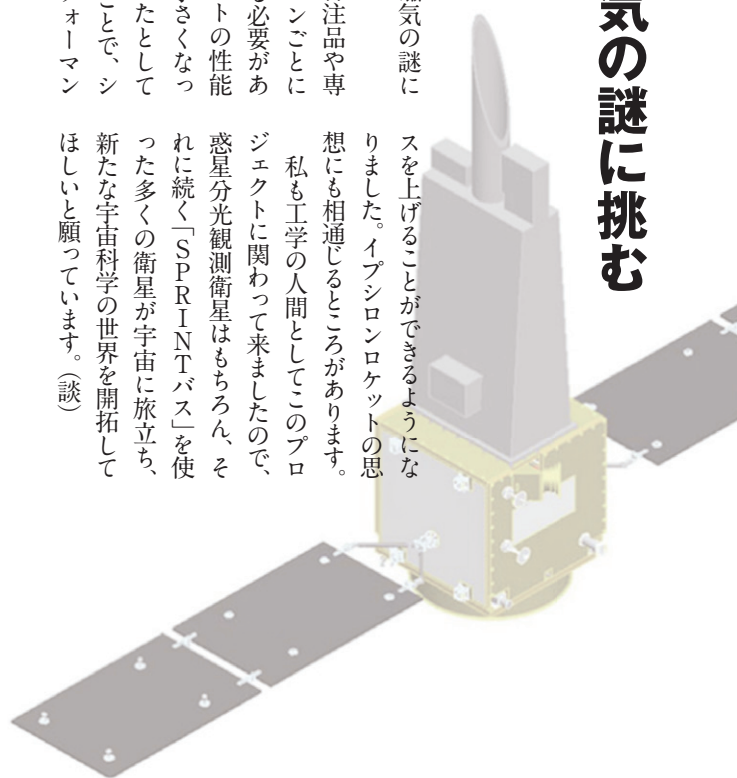
かつて科学衛星は、特注品や専用部品を使ってミッションごとにギリギリの最適化をする必要がありました。しかしロケットの性能が上がり、電子機器が小さくなったことで、多少重くなったとしても、共通化・汎用化することで、シリーズとしてコストパフォーマンスを上げることができるようになりました。イプシロンロケットの思想にも相通じるところがあります。

私も工学の人間としてこのプロジェクトに関わって来ましたので、惑星分光観測衛星はもちろん、それに続く「SPRINTバス」を使った多くの衛星が宇宙に旅立ち、新たな宇宙科学の世界を開拓してほしいと願っています。（談）

SAWAI Syujiro
宇宙飛翔工学研究系
准教授

バス・ミッション結合状態の
惑星分光観測衛星

月を越え、小惑星を越え
火星への旅路

国際宇宙ステーションが完成した今、次の目的地を目指す宇宙探査構想の議論が活発化しています。JAXAは、世界の14宇宙機関が参加する国際宇宙探査協働グループの議長として議論をとりまとめ、国際協力による宇宙探査の実現に向けて活動しています。統括する山浦執行役に宇宙探査に対する日本と世界の最新動向について話を聞きました。

——世界の有人宇宙探査の状況は、今どのようになっているのでしょうか。

山浦　まず、アメリカの動向です。2004年に当時のブッシュ大統領が新しい宇宙ビジョンを提唱しました。国際宇宙ステーション（ISS）計画の次を考えておかないといけないという認識を持ったからです。そして、2010年、オバマ大統領が、2030年代半ばまでに人類を火星の周回軌道に送って地球に帰還させるという新宇宙戦略を発表しました。火星は、人類が今持つ技術の延長で到達できる、ぎりぎりの行き先であり、科学的な意味でも火星の生命の探索など大きな意味があるからです。ただし、火星にいきなり到達するのではなく、手前にある天体などに行って技術を段階的に確認・獲得しながら進めるという考えです。

——ISSの軌道を越えて、さらに遠くに行こうと考えているわけですね。

山浦　既にアメリカではそのための開発に着手しています。重量級有人ロケットSLSと多目的有人宇宙船MPCVです。この2つでできるのは、月の周りを回って地球に戻ってくることまで。しかし人類の宇宙探査は、国際協力なくしてはできない。そこで、世界の宇宙機関が集まって技術的な検討をしようと2007年にISECG（国際宇宙探査協働グループ）ができました。

2030年代半ばは火星に至る2つのシナリオ

——ISECGは公的な組織なのでしょうか。

山浦　公的な組織でなく、拘束力はありません。むしろそうでないがゆえに議論がしやすいという集まりなのです。現在、ISS計画参加の5宇宙機関を中心に14の宇宙機関が参加しています。実務者レベルが複数の国をつないだ電話会議を、4つのグループで毎月合計8回程度行い、さらに年に2、3回集まって合同検討をしています。そして、役員級が1年ごとに集まって検討内容の確認をしています。去年の夏からJAXAが議長を務めています。

——具体的にどのような議論をしているのですか。

山浦　火星に至るまでには、いろいろな技術を宇宙で実証し獲得していかなければなりません。ISECGでは、ISSを有人探査への研究・実験の場として活用した後、月や小惑星の探査を通じて技術を獲得していき、2030年代後半に火星探査を実現するシナリオを検討しています。まず、宇宙医学研究や生命維持技術実験などISSでできることは先行的に行う。一方、火星に降り立ちそこで活動する技術は、重力天体の上で実証しなければならないので、月へ行く。また、ISS軌道よりも厳しい宇宙放射線の計測・防護や水・空気の再利用などの技術は、重力のない小惑星や遠い宇宙空間で実証する。このような、国際協働により一歩一歩段階的に実現していくシナリオです。もちろん、有人宇宙探査を行う意義についても検討しています。

——各宇宙機関が持っている技術を、生かしていくのですね。

山浦　そうです。そもそも探査にはこういうシステムや技術が必要だとか、各宇宙機関が自分のところにはこういう能力があるとか、予算さえあればこういうものを開発し提供できるといった案を出し合っています。

——JAXAはどんな技術を提供できると考えていますか。

山浦　私たちとしては、早い時期にHTVの技術をどう発展させるかが重要だと思っています。宇宙開発においては自国で輸送系を持つことが非常に大事で、国際的な共同作業の中でも、その国が主体性を持つための重要な要素だからです。例えば、JAXAの提案の中に軌道間輸送機があります。H-IIAの2段とHTVの技術を発展させて開発できます。宇宙空間で極低温の液体水素・液体酸素の蒸発量を格段に抑える世界屈指の技術が日本にあります。

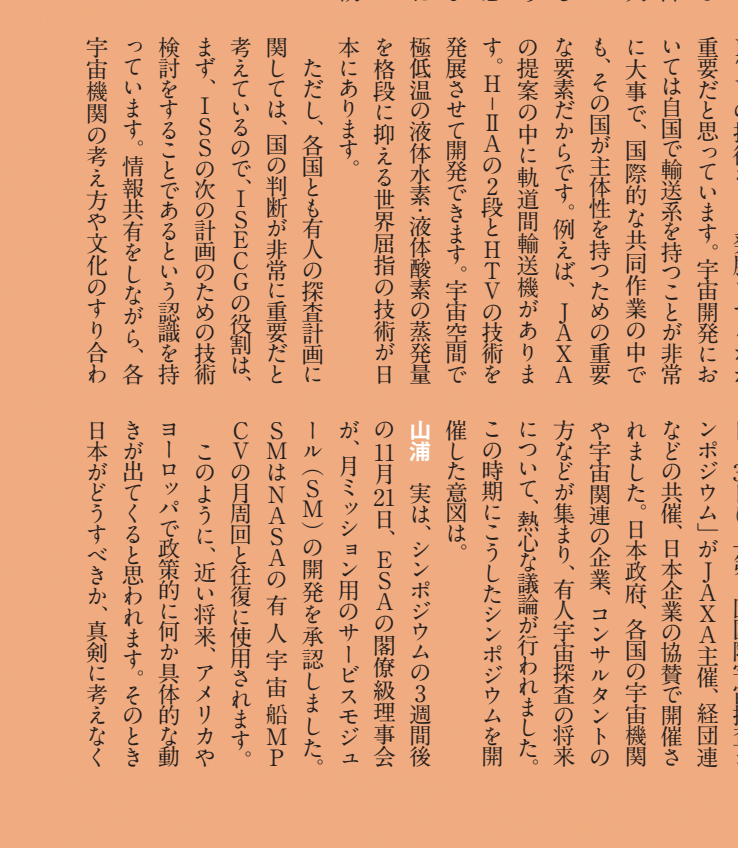
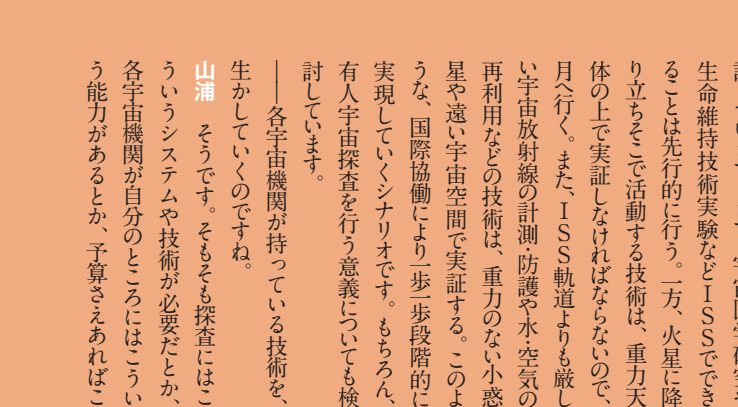
　ただし、各国とも有人の探査計画に関しては、国の判断が非常に重要だと考えているので、ISECGの役割は、まず、ISSの次の計画のための技術検討をすることであるという認識を持っています。情報共有をしながら、各宇宙機関の考え方や文化のすり合わせをしているという面もありますね。

国際宇宙探査シンポジウムをJAXAが主催

——そのような中、2012年10月30日と31日に、「第1回国際宇宙探査シンポジウム」がJAXA主催、経団連などの共催、日本企業の協賛で開催されました。日本政府、各国の宇宙機関や宇宙関連の企業、コンサルタントの方などが集まり、有人宇宙探査の将来について、熱心な議論が行われました。この時期にこうしたシンポジウムを開催した意図は。

山浦　実は、シンポジウムの3週間後の11月21日、ESAの閣僚級理事会が、月ミッション用のサービスモジュール（SM）の開発を承認しました。SMはNASAの有人宇宙船MPCVの月周回と往復に使用されます。

　このように、近い将来、アメリカやヨーロッパで政策的に何か具体的な動きが出てくると思われます。そのとき日本がどうすべきか、真剣に考えなく

経団連会館で行われた国際宇宙探査シンポジウムの会場の様子
上:「有人宇宙探査への挑戦」と題したパネルディスカッション
下:会場からの質問に答える山浦執行役（右から2人目）

てはいけません。有人の政策決定には時間がかかります。しかし残念ながら、国内の議論は十分ではない。今の世界の状況を宇宙機関の関係者しか知らないのではまずい。政治家も役所の人も、産業界や学界の人も、さらに一般の方も知り、考えていただきたい。そういった意図で開催しました。

――海外の参加者からはどのような反応がありましたか。

山浦　まず私自身、日本に期待しているというお世辞ではないメッセージを強く感じました。多くの外国人から、今回の賛否両論ある率直な議論と日本文化を知り得たシンポジウムに対して、お褒めと感謝の言葉をいただきました。

今回の第1回のシンポジウムでは、何か結論を出そうとしていたわけではなく、活発に議論していただこうとしていましたから、その目的は達せられたと思います。これからも最新状況を踏まえ2回、3回と続けていくことを考えています。

――日本の有人活動の将来についての議論を、どのように進めていくべきだと思いますか。

山浦　まず皆さんに知っていただきたいのは、ISS計画に参加することで、日本の有人宇宙活動がどのくらいの段階まで来ているかです。「きぼう」日本実験棟を造り、ISSに物資を輸送するHTVと、それを打ち上げるH-IIBも造り、安定した運用を行っている。日本人宇宙飛行士の能力・実績は非常に評価が高い。日本の有人技術は、宇宙滞在においては高いレベルに達し人材を確保している。これだけの能力とアジアを代表するプレゼンスを築いた日本が、ISSの次の計画が国際協力で行われるとき、それに参加しなくていいのか。もし参加するとしたら、どういう目標と技術と人材をもって参加し何の役割を担うのか、という議論だと思います。日本が自前の有人ロケットと宇宙船を持つか持たないか、という議論もきちんとすべきですね。

地球周回を越えてその先へ

――ISS計画のような大きな計画に参加したことで、どのような成果があったと考えていますか。

山浦　一番大きいのは、「プログラム・オブ・プログラムズ」の事業を企画・立案から経験し、マネジメントできるようになったことだと思います。複数の国の計画を集めて1つの大きな計画にする。それをどう立ち上げ、実現し、継続して進めていくかを学ぶことができた。また、「システム・オブ・システムズ」、すなわち、複数のシステムを統合して1つのシステムに組み上げ安全に運用する。トラブルに的確に対処する。こうした考え方や手法を日本が手に入れたのは非常に大きいと思います。

それからもう1つ、日本と一緒ならばしっかりした物ができ、確実に運用できる。お互いに理解し合いながらやっていける相手だという信頼関係が、ISS計画のパートナー国との間で得られたということはものすごく重要なことです。

――今後は産業への影響も大きくなるのではないですか。

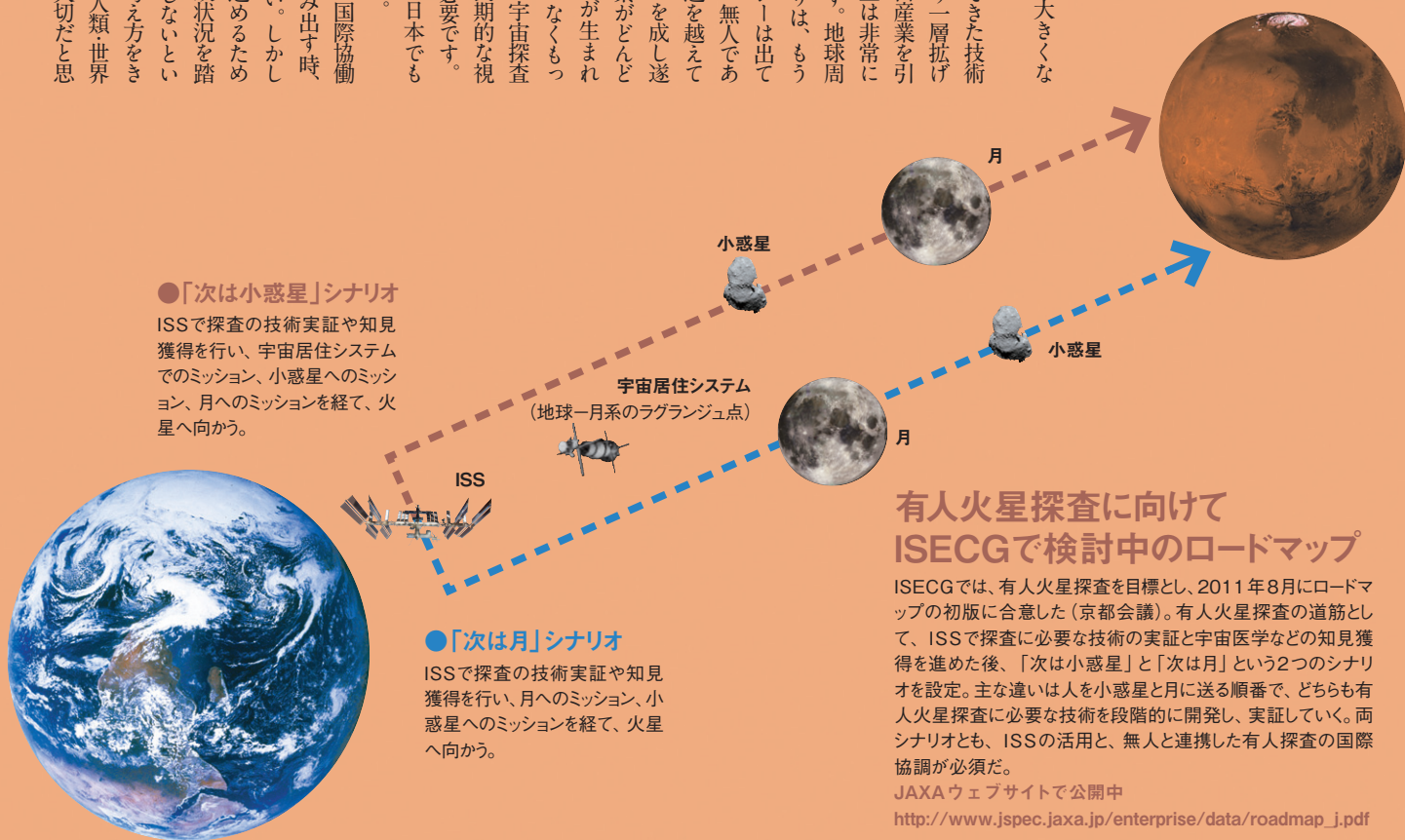
山浦　日本がこれまで培ってきた技術や人材を、宇宙を通じてより一層拡げていくことが必要です。宇宙産業を引っ張っていく上で、宇宙探査は非常に大きな可能性を持っています。地球周回軌道だけでやっていく限りは、もう驚くような新しいテクノロジーは出てこないのではないか。しかし、無人であれ有人であれ、地球周回軌道を越えてさらに遠くへ行きミッションを成し遂げようとすると、新しい要素がどんどん出てきてブレークスルーが生まれる。科学の側面からも間違いなくもっといろいろな挑戦ができる。宇宙探査は目先の成果だけでなく、長期的な視点で考え持続させることが必要です。

――有人宇宙探査の議論が日本でももっと活発になるといいですね。

山浦　率直に言って、世界が国際協働で新しい有人探査活動に踏み出す時、日本が乗り遅れてはならない。しかし一方、宇宙探査を持続的に進めるためには、資金規模や日本の財政状況を踏まえつつ無理のない計画にしないといけない。国として長期的な考え方をきちんと持ち、チャレンジする人類・世界の一員であり続けることが大切だと思っています。

山浦雄一
YAMAURA Yuichi
執行役
月・惑星探査プログラムグループ統括リーダ

最終目的地は火星

月
小惑星
宇宙居住システム
（地球ー月系のラグランジュ点）
ISS
月
小惑星

●「次は小惑星」シナリオ
ISSで探査の技術実証や知見獲得を行い、宇宙居住システムでのミッション、小惑星へのミッション、月へのミッションを経て、火星へ向かう。

●「次は月」シナリオ
ISSで探査の技術実証や知見獲得を行い、月へのミッション、小惑星へのミッションを経て、火星へ向かう。

有人火星探査に向けて ISECGで検討中のロードマップ

ISECGでは、有人火星探査を目標とし、2011年8月にロードマップの初版に合意した（京都会議）。有人火星探査の道筋として、ISSで探査に必要な技術の実証と宇宙医学などの知見獲得を進めた後、「次は小惑星」と「次は月」という2つのシナリオを設定。主な違いは人を小惑星と月に送る順番で、どちらも有人火星探査に必要な技術を段階的に開発し、実証していく。両シナリオとも、ISSの活用と、無人と連携した有人探査の国際協調が必須だ。
JAXAウェブサイトで公開中
http://www.jspec.jaxa.jp/enterprise/data/roadmap_j.pdf

火星探査車「オポチュニティ」が撮影した火星の画像:NASA/JPL/Cornell

最前線

INFORMATION 2

約4カ月の長期滞在ミッションを完了し星出宇宙飛行士が帰還

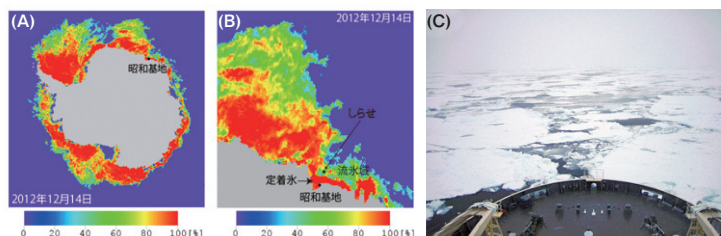
2012年7月17日から国際宇宙ステーションで第32次／33次長期滞在ミッションを開始した星出彰彦宇宙飛行士は、11月19日午前10時56分、ソユーズ宇宙船でカザフスタン共和国内に無事着陸し、約4カ月間のミッションを完了しました。「きぼう」日本実験棟では水棲生物実験や小型衛星放出実験など多くの宇宙実験を手掛け、3回行われた船外活動時間は計21時間23分と、日本人宇宙飛行士の船外活動最長記録を達成しました。星出宇宙飛行士はヒューストンで45日間程度のリハビリテーションを行った後、日本に帰国し成果報告などを行う予定です。『JAXA's』でも星出宇宙飛行士へのインタビューをもとに長期滞在ミッションを振り返る記事を予定していますので、楽しみにお待ちください。

画像:JAXA/NASA/GCTC/Andrey Shelepin

上:カザフスタンの雪原に帰還したクルー。左から星出、マレンチェンコ、ウィリアムズ宇宙飛行士
下:元気な笑顔を見せる星出宇宙飛行士

INFORMATION 1

「しずく」の観測データ南極地域観測隊に提供

2012年12月、第一期水循環変動観測衛星「しずく」が捉えた南極の海氷データについて、南極観測船「しらせ」および海洋調査船「海鷹丸」（うみたかまる）への提供を開始しました。南極の流氷域を効率的に航行するためには、時々刻々変動する海氷の情報が重要です。「しずく」の観測データは、天候に左右されず海氷を観測することができるため航路の海氷状況の把握が可能です。第53次南極地域観測隊では、「しらせ」による昭和基地への物資の輸送、海洋観測、また、東京海洋大学の練習船「海鷹丸」による海洋観測を実施します。「しずく」の観測データは、「しらせ」の流氷域の航行のための航路計画、海洋観測での航行や観測地点の選定に利用され、また、「海鷹丸」が実施する東経110度線に沿った南方へ海洋観測のための流氷縁や流氷の有無の把握に利用されます。

図（A）は南極全域、図（B）は昭和基地沖合の2012年12月14日に「しずく」が観測した海氷密接度画像。0%が海水面、100%が全て海氷で覆われている海域を示しており、赤色になるに従い海氷が密に存在している。図（C）は、図（B）中の「しらせ」と表示している地点で12月14日に撮影した海氷写真（画像提供:国立極地研究所）

INFORMATION 3

サラ・ブライトマンさんがJAXA東京事務所を訪問

2015年10月に国際宇宙ステーション（ISS）への滞在を予定しているイギリスのソプラノ歌手、サラ・ブライトマンさんが、12年11月8日にJAXA東京事務所を訪れました。樋口清司副理事長らが出迎え、「きぼう」日本実験棟で行われている宇宙実験や、宇宙ステーション補給機「こうのとり」での物資輸送など、ISSを舞台にしたJAXAの活動を紹介。樋口副理事長から、油井亀美也宇宙飛行士が同時期にISSに滞在するので、できるだけ協力したい旨が伝えられ、ブライトマンさんは「ISSが作られ人類が宇宙に行こうとしていることは素晴らしいことです。宇宙は皆の心に訴えかけ詩や歌を作りだします。音楽の仕事をしてきた私が、ISSという宇宙により近い場所に行ったとき、どんなものを見たり感じたりすることになるのかを楽しみにしています」と抱負を語りました。

ブライトマンさんと握手をかわす樋口副理事長

INFORMATION 4

放射性物質を〝見える化〟するカメラを開発

JAXAと三菱重工業株式会社（MHI）は、放射性物質の分布状況を可視化する特殊なカメラ装置「放射性物質見える化カメラ」のプロトタイプ機『ASTROCAM 7000』を共同開発しました。放射線の飛来方向とそのエネルギー（波長）をリアルタイムで同時に測定可能で、放射性セシウム134（Cs-134）、同137（Cs-137）、放射性ヨウ素（I-131）など、ガンマ線を放出する物質の識別ができます。これはJAXAが中心となって開発に成功した「超広角コンプトンカメラ」※1をベースに改良したもので、感度、画像、視野角などでこれまでにない優れた性能を実現しました。ガンマ線が粒子の性質を持つことによるコンプトン散乱※2の原理を活用することで、1～5マイクロSv/h程度の環境下で、環境バックグランドの数倍の強度のホットスポットをほぼ180度という広い視野で検出し、また20～30m離れた距離から測定が可能です。その結果、家屋の屋根や敷地など広範囲の放射性物質の分布状況を簡単に画像化することができます。現在、JAXA、MHIに国立大学法人名古屋大学を加えた開発チームが、「先端計測分析技術・機器開発プログラム」を推進する科学技術振興機構の協力を得てプロトタイプ機のさらなる高感度化と早期実用化に向けた開発に取り組んでいます。その成果をもって今年度内にMHIが『ASTROCAM 7000HS』として製品化し、市場提案を進めていく予定です。

左:『ASTROCAM 7000HS』のイメージ
右:プロトタイプ機『ASTROCAM 7000』

※1　超広角コンプトンカメラは、JAXAが中心となってMHIと共同で開発をすすめた「衛星搭載用ガンマ線検出器」の技術を応用したもの。JAXAと日本原子力研究開発機構は2012年2月、このカメラが地上での放射性物質の分布の可視化に非常に有効であることを実証し、「放射性物質見える化カメラ」開発の起点となった。

③散乱ガンマ線
①入射ガンマ線
⑤散乱角
②電子
④電子

※2　コンプトン散乱は、ガンマ線（①）が物質中の電子（②）とぶつかり、ガンマ線のエネルギーと飛来方向（③）が変化する現象。ガンマ線が電子にぶつかって、その電子（④）に渡したエネルギーと、ぶつかって散乱されたガンマ線（③）に残ったエネルギーとを、反応場所の情報とともに測ることで入ってきたガンマ線の方向⑤を知ることができる。

INFORMATION 5

雲エアロゾル放射ミッション／
雲プロファイリングレーダ（EarthCARE/CPR）の

エンジニアリングモデル公開

日本と欧州が協力して開発を進める地球観測衛星、雲エアロゾル放射ミッション「EarthCARE」（アースケア）に搭載される雲プロファイリングレーダ（CPR）のエンジニアリングモデルが筑波宇宙センターで報道関係者に公開されました。「EarthCARE」は、搭載する4つのセンサにより、雲、エアロゾル（大気中に存在するほこりやちりなどの微粒子）の全地球的な観測を行います。4つのセンサによる観測データを総合的に解析することで、気候変動予測モデルの精度向上に不可欠とされている雲、エアロゾルによる地球放射収支への寄与を正確に把握することができます。JAXAと情報通信研究機構（NICT）は搭載センサの一つであるCPRを共同で開発しています。CPRは雲の鉛直方向の分布を捉えるとともに、衛星搭載として初のドップラ観測機能を備え、雲や雨の上昇・下降速度を捉えることができます。

雲エアロゾル放射ミッション／雲プロファイリングレーダ（EarthCARE/CPR）

INFORMATION 6

エコプロダクツ2012に出展

JAXAは、2012年12月13日から15日まで東京ビッグサイトで行われた日本最大級の環境展示会「エコプロダクツ2012」に出展しました。温暖化の影響で、極域の海氷の減少や異常気象の多発など、地球環境に異変が起こっています。JAXAでは地球観測衛星を使って観測データを長期にわたり取得し、解析研究することで、環境変動を予測・解明する活動を行っています。今回の展示では、全球の水の動きを観測する第一期水循環変動観測衛星「しずく」の役割など、「水」をテーマにした展示を行いました。

JAXAブースで開かれた講演には多くの来場者が

INFORMATION 7

宇宙日本食の展示でIMF・世銀総会準備事務局より感謝状

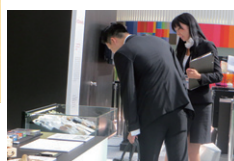
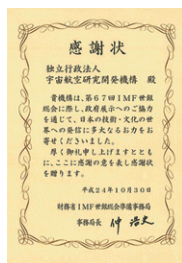
2012年10月9日から14日にかけて「第67回国際通貨基金（IMF）・世界銀行総会」が開催されました。期間中、会場となった東京国際フォーラムでは、日本の伝統文化や最新テクノロジーを紹介する政府展示が行われましたが、JAXAの宇宙日本食が展示の一つに選ばれ、来場者に披露されました。宇宙日本食は、JAXA標準を満たしている民間提案の食品を宇宙日本食として認証するもので、国際宇宙ステーションで長期滞在する日本人宇宙飛行士に、日本食の味を楽しんでもらい、仕事の効率の維持・向上につながることを目的として開発したものです。来場者からは、品質の高さなどに賞賛の声が寄せられました。この展示に対し、日本の技術・文化の世界発信に貢献したとしてIMF・世銀総会準備事務局より感謝状が贈られました。

感謝状

独立行政法人
宇宙航空研究開発機構　殿

貴機構は、第６７回ＩＭＦ世銀総会に際し、政府展示へのご協力を通じて、日本の技術・文化の世界への発信に多大なるお力をお寄せくださいました。
厚く御礼申し上げますとともに、ここに感謝の意を表し感謝状を贈ります。

平成２４年１０月３０日

財務省ＩＭＦ世銀総会準備事務局
事務局長　仲 浩史

左:IMF・世銀総会準備事務局から贈られた感謝状
右:宇宙日本食の展示を見学する来場者

JAXA's
宇宙航空研究開発機構機関誌 No.048

発行企画●JAXA（宇宙航空研究開発機構）
編集制作●財団法人日本宇宙フォーラム
デザイン●Better Days
印刷製本●株式会社ビー・シー・シー

2013年1月1日発行

ゲームやバーチャル観光で宇宙をもっと楽しもう!

JAXAでは、プロジェクトや施設をご紹介するため、また宇宙への興味を深めていただくため、パソコンやスマートフォンで楽しめるコンテンツをご用意しています。タップゲームや迫力の映像などを通じ、宇宙を身近に感じてみませんか。

1 救え!カエル紳士 JAXA GPM/DPR Project

App Storeよりダウンロード

二周波降水レーダ(DPR)がカエルとコラボ

熱帯の雨を宇宙から観測したTRMM衛星の後継として、地球全体で観測を行うGPM計画。JAXA開発のDPR(二周波降水レーダ)はGPM主衛星に搭載され、2013年度に種子島宇宙センターから打ち上げられます。そのGPM/DPRプロジェクトをより深く知っていただくために製作されたアプリが「救え! カエル紳士」。普段は雨が好きなカエルも、スーツ姿で出かけるときには傘が必要。突然の雨に見舞われるカエル紳士に、GPM/DPRからの正確な降雨情報をもとに傘を配って助けましょう。「GPM/DPR」に関する解説ページもありますのであわせてお楽しみください。

2 しずくAR

App Storeよりダウンロード

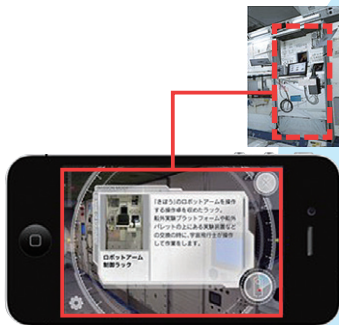
「しずく」CGにカメラをかざすとより詳細な情報を表示

コンピューターが撮影画像を認識し、文字や画像を重ねて表示する「AR技術」を使ったアプリです。2012年5月に打ち上げられた第一期水循環変動観測衛星「しずく」のイラストを撮ると、「しずく」の役割や水循環の解説、紹介動画が表示されます。リーフレットやポスターの誌面だけでは伝えきれない事も盛り込んでいますので、周りの人にもぜひ教えてあげてください。「しずく」特設サイトはこちら。
→http://www.jaxa.jp/countdown/f21/

3 kibo360°

2013年1月に配信予定。
詳細はJAXAウェブサイトで

「きぼう」船内実験室を散歩できる

スマートフォンをかざせば、そこは日本が誇る「きぼう」日本実験棟。大型バスが入るほどの広々とした船内にいるかのようなリアルな体験ができます。星出宇宙飛行士がISS長期滞在時に撮影した最新の「きぼう」船内の写真を使用し、まさに今現在の「きぼう」の姿を知ることができます。星出宇宙飛行士が出題するミッションを遂行しながら、「きぼう」船内の実験装置や設備を学習することができ、ミッションをクリアすると素晴らしいご褒美が! まるで宇宙旅行をしているかのような究極体験ができるアプリです。

※画面は現在開発中のイメージです

4 種子島宇宙センター AR

2013年1月中旬に配信予定。
詳細はJAXAウェブサイトで

種子島見学に必携 いつでも何度でも打ち上げを見よう

種子島宇宙センターは年間10万人近くのお客様をお迎えしていますが、ロケット打ち上げを生で見ていただける機会はそれほど多くありません。そこで、いつセンターを訪れても、ロケットの打ち上げを体感いただけるARアプリを開発しました。スマートフォンのカメラが捉えた打ち上げ場の風景に、リアルタイムでロケットの打ち上げ映像を合成することで、本物さながらの臨場感を、何度でも味わっていただくことができます。

※画面は現在開発中のイメージです

5 Googleストリートビュー

アクセスはこちらから
http://maps.google.co.jp/help/maps/streetview/gallery.html#!/jaxa

JAXA施設をバーチャル見学

360度全周を撮影するカメラで取得した画像データを再構成し、あたかもその場に出かけたかのように街並みや景観を楽しめる「Google ストリートビュー」で、全国のJAXA施設・7事業所12カ所を公開中。種子島宇宙センターでは、射場やロケット組立棟、RCCオブザベーション室などをご紹介。他にも臼田宇宙空間観測所、内之浦宇宙空間観測所、筑波宇宙センター、相模原キャンパス、調布航空宇宙センター、地球観測センターを、PCでもスマートフォンでもご覧いただけます。実際の見学・訪問の参考にもお役立て下さい。

上:種子島宇宙センターの射場
下:宇宙科学技術館

リサイクル適性Ⓐ

広報部 〒100-8260 東京都千代田区丸の内1-6-5
丸の内北口ビルディング3階
TEL:03-6266-6400 FAX:03-6266-6910

JAXAウェブサイト http://www.jaxa.jp/
メールサービス http://www.jaxa.jp/pr/mail/
JAXA's配送サービス http://www.jaxas.jp/